Clasificación de los incidentes operacionales del reactor RP-10 durante el año 2013 de acuerdo con la escala INES

Rolando Arrieta*, Roberto Giol, Alberto Salazar

Departamento de Operación de Reactores, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Avenida Canadá1470, Lima 41, Perú

Resumen

En este reporte se presenta la evaluación de los sucesos ocurridos en el reactor nuclear RP-10 durante el año 2013 desde el punto de vista de la seguridad empleando la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES) a fin de facilitar una comprensión común entre la comunidad técnica, los medios de comunicación y el público en general. De los resultados obtenidos, tal como ocurrió el 2011, podemos afirmar que en el año 2013 todos los eventos referidos a la seguridad en el RP -10 se clasifican como "debajo de la escala" o "insignificante para la seguridad".

Abstract

This report presents the evaluation of the events in 2013 in the RP-10 nuclear reactor from the point of view of safety. To classify these events produced is used Scale International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) to facilitate a common understanding between the technical community, the media and the general public. From the results, as it happened in 2011, we can say that in 2013 all related to security events that occurred in the "RP -10" are classified as "below scale" or "no safety significance".

1. Introducción

En el reactor nuclear RP-10, la seguridad ha sido, es y será evaluada en forma permanente. Actualmente está en su fase de explotación donde es posible generar sucesos relacionados con su seguridad que tienen diversos grados de importancia [1-2].

En el reactor RP-10 se realiza un amplio espectro de prácticas como la producción de radioisótopos, neutrografía, análisis por activación neutrónica [3] que deben ser tratados con diversos criterios de seguridad durante la operación recomendados por la AIEA [4,5, 6] y cumplir con regulaciones al respecto [7,8, 9].

Sin embargo, a pesar de la aplicación de estas medidas no está exento de la ocurrencia de sucesos que pueden dañar a las personas y al medio ambiente afectar las barreras y controles radiológicos o la defensa en profundidad [10]. Todo lo anterior ha servido para que, desde el año 2001 se elabore una escala internacional de clasificación de estos sucesos, para que la comunicación de los riesgos radiológicos asociados pueda hacerse de forma coherente y normalizada [11].

En este artículo se clasifican los sucesos ocurridos en el reactor RP-10 durante el 2013, desde el punto de vista de la seguridad utilizando la Escala INES [12] a fin de mostrar la importancia que tiene la comunicación abierta de dichos sucesos, de manera que se explique claramente su trascendencia. La escala se aplica exclusivamente a los sucesos nucleares, continuando con las excepciones presentados en [13].

a) Consecuencias reales. Para este estudio se refiere a las consecuencias clasificadas aplicando los criterios para estimar el impacto en las personas y el medio ambiente, así como en las barreras radiológicas y controles de las instalaciones. Esto contrasta con los sucesos clasificados según los criterios utilizados para determinar la degradación de la defensa en profundidad, que incluye los sucesos sin consecuencias reales pero en los que las medidas adoptadas para prevenir o hacer frente a los accidentes no funcionaron en la manera prevista.

b) Incidente. En el contexto de la notificación y el análisis de sucesos, se utiliza el término incidente para describir a sucesos que son menos graves que los accidentes. A fin de comunicar la importancia de los

* Correspondencia autor: rarrieta@ipen.gob.pe

sucesos al público, la escala INES clasifica los sucesos en siete niveles y utiliza el término incidente para describir sucesos que van hasta el nivel 3. Los sucesos de importancia superior se denominan accidentes.

c) Iniciador. Un iniciador es un suceso identificado en el análisis de la seguridad, que conduce a una desviación de la operación normal y activa una o más funciones de seguridad.

2. Materiales y métodos

Por protocolo de operación los incidentes operacionales y los accidentes registrados en un cuaderno ubicado en sala de control anualmente [14]. En la Tabla 1 se presentan los incidentes reportados durante el año 2013, donde se puede apreciar que las mayores ocurrencias están relacionadas con el funcionamiento de las cámaras de ionización y falla en el comando del tablero eléctrico y estos son tratados de acuerdo a lo normado en la licencia de operación [15].

Para la clasificación de los sucesos se hace uso del Manual del usuario de INES [12] enfocándonos en la secciones 5 y 6 que presentan las orientaciones para la clasificación de los sucesos basados sobre defensa en profundidad. Las orientaciones que se siguen para clasificar por consecuencias reales (secciones 2 y 3): sucesos relacionados con: las personas y el medio ambiente y efecto en las barreras y controles radiológicos no se aplican a nuestros casos por que no se dieron durante el año de análisis, así como tampoco se tiene en cuenta los incidentes en el transporte.

En todos estos sucesos se encontró fallas a las que se tuvo que aplicar medidas correctivas a fin de continuar la operación del reactor.

Esta es la forma como se comunica a la autoridad reguladora al tratarse de incidentes sin consecuencias radiológicas (Tabla 1).

3. Descripción y clasificación de los Incidentes presentados en el reactor RP-10

La descripción y clasificación detallada de los incidentes se presentan en la Tabla 1.

3.1 Incidente 1: (También aplicada a los incidentes 2, 7, 8 y 9) pérdida de caudal de refrigeración en el reactor RP-10.

3.1.1 Descripción del incidente

Los incidentes 1 y 7 se produjeron por el corte súbito de energía eléctrica externa al interrumpirse el suministro por problemas en el sistema de transmisión.

Los incidentes 2, 8 y 9 se debieron al apagado de las dos bombas del sistema de refrigeración del núcleo cuando el reactor estaba operando a 10 MW.

Los fallos en los sistemas de refrigeración esenciales pueden clasificarse de manera parecida a los fallos en sistemas eléctricos, teniendo en cuenta las consecuencias potenciales máximas, el número de barreras de seguridad que siguen funcionando y el retraso que es aceptable antes de que se requiera el restablecimiento de la refrigeración. Es por ello que el análisis de los incidentes 1, 2, 7, 8 y 9 se realiza en este bloque.

Es necesario destacar que el reactor RP-10 tiene una piscina de almacenamiento de agua para el sistema primario [16]. En caso de pérdida de refrigeración, cualquier calentamiento del agua será extremadamente lento. El análisis para los incidentes 2, 8 y 9 es el mismo con la diferencia que en estos casos la falla fue interna –apagado del sistema de refrigeración del núcleo debido a falla en el tablero eléctrico– y no por corte de la energía eléctrica externa.

3.1.2 Clasificación

3.1.2.1 Consecuencias reales

No hubo consecuencias reales del suceso.

3.1.2.2 Consecuencias potenciales máximas

Se debe considerar dos funciones de seguridad; la primera corresponde a la refrigeración del combustible y la segunda al blindaje para evitar dosis elevadas a los trabajadores. Para ambas funciones de seguridad, por el inventario que hay en el reactor RP-10, las consecuencias potenciales máximas no pueden rebasar el nivel 4, por lo que el máximo nivel alcanzable (por esta ocurrencia) en función de la defensa en profundidad es el nivel 2.

Tabla 1: Incidentes y fallas presentados en el reactor RP-10 y medidas correctivas adoptadas en el 2013.

No.	Fecha y hora	Incidente	Estado del reactor	Falla encontrada /reportada	Medidas correctivas
1	11 / 01 16:15	SCRAM por corte de suministro eléctrico externo	10 MW	Falla en la línea de transmisión (caída de la línea que llega al Centro Nuclear).	Luego de una espera de 3 horas para la reposición del fluido eléctrico se da por concluida la operación, debido a que la reparación va a demorar. Se solicita a servicios internos mejorar su sistema de mantenimiento de la alimentación eléctrica.
2	22 /02 16:55	SCRAM por apagado de las dos bombas del sistema primario de refrigeración del núcleo	10MW	Falla en el tablero eléctrico de comando y fuerza del sistema primario de refrigeración.	Se limpia los contactos dentro del tablero y se reinicia la operación del reactor. Se solicita al área de mantenimiento el cambio de los contactores.
3	17 /05 15:30	SCRAM sin motivo aparente	10 MW	Pudo ser una señal espuria que apareció de manera súbita.	Luego de revisar el sinóptico de señales y no encontrar el motivo que produjo el Scram se reinicia la operación. Aparentemente pudo ser un desprendimiento de barras, por lo que se revisan los alineamientos y las corrientes de izaje.
4	19 /07 11:10	SCRAM por disparo de dos canales de marcha TM1Y4, TM2Y4	200W	Falla en los detectores de marcha (las cámaras de ionización compensadas comienzan a funcionar mal y se acentúa por cambios bruscos en las maniobras con las barras de control.	Se da por concluida la operación con mayor cuidado, luego se realiza la orden de inspección a las cámaras involucradas.
5	20 / 07 12:05	SCRAM por falla de barra de control BC2 (Desprendimiento del mecanismo)	10 MW	Falla debido al desprendimiento de BC2 por desalineamiento de la barra con respecto al mecanismo.	Se solicita al área de mantenimiento para que realice los ajustes de alineamiento y control de las corrientes de energización. Continúa la operación.
6	17 / 08 08:40	SCRAM por falla del canal de marcha 2 y 3	En etapa de marcha (8MW)	Falla en los detectores de marcha. Las cámaras de ionización compensadas vuelven a presentar problemas de ruido.	Se da por concluida la operación con mayor cuidado, luego se realiza orden de servicio de las cámaras involucradas.
7	23 / 08 10:19	SCRAM por corte de suministro eléctrico externo	En etapa de marcha (200 W)	Falla en la línea de transmisión (caída de la línea que llega al Centro Nuclear)	Luego de esperar un tiempo, retorna la energía eléctrica externa. Continúa operación.
8	21 / 09 16:05	SCRAM por disparo de caudal por bajo nivel. Se apagan las dos bombas del sistema primario(A y B)	10 MW	Falla en el sistema de comando del tablero eléctrico del sistema primario de refrigeración.	Se interviene el tablero y se limpia los contactores. Continúa la operación.
9	28/09 14:05	SCRAM por disparo de caudal por bajo nivel. Se apagan las dos bombas del sistema primario (A y C)	10 MW	Falla en el sistema de comando del tablero eléctrico del sistema primario de refrigeración.	Se interviene el tablero y se limpia los contactores. Continúa la operación.
10	19/10 12:12	SCRAM debido a un cortocircuito al chocar herramienta con los cables de mecanismos de barras	10MW	Falla humana debido a maniobra en boca de tanque en plena operación.	Se recomienda mayor cuidado al realizar este tipo de maniobras y revisar procedimientos. Se solicita aislar a los contactos de los mecanismos de izaje. Continúa la operación.

3.1.2.3 Determinación del número de barreras de seguridad

Teniendo en cuenta la función del sistema de refrigeración, según el diseño, las barreras de seguridad lo constituyen el sistema de intercambio de calor, el volumen de agua en el tanque del reactor y la pileta auxiliar, haciéndose evidente que la barrera de seguridad principal es el volumen de agua que es considerado una barrera de seguridad de gran integridad debido a que:

—El aporte de calor es pequeño para el volumen de agua, de manera que cualquier aumento de temperatura será extremadamente lento.
—Cualquier reducción del nivel de agua es rápidamente detectado y el nivel podría reponerse de forma fácil.

3.1.2.4 Evaluación de la clasificación básica

Según la escala INES [12] (cuadro 11 del apéndice) la clasificación es: Debajo de la escala / Nivel 0.

3.1.2.5 Factores adicionales

Sin motivos para aumentar la clasificación.

3.1.2.6 Clasificación global

Debajo de la escala / Nivel 0.

3.2 Incidente 3: Disparo del reactor debido a la aparición de una señal espuria.

3.2.1 Descripción del incidente

Durante la operación del reactor después de seis horas a plena potencia (10 MW) se presenta una señal espuria que produce un SCRAM (apagado del reactor). No se pudo determinar la causa.

3.2.2 Clasificación

3.2.2.1 Consecuencias reales

No hubo consecuencias reales del incidente.

3.2.2.2 Frecuencia del iniciador

La señal que se produce es un iniciador de muy baja frecuencia que no se incluye en el análisis de seguridad de la instalación, por lo que se considera en el cuarto nivel que es iniciador con frecuencia mayor a la de diseño.

3.2.2.3 Operatividad de función de seguridad

Las funciones de seguridad trabajan plenamente frente a este evento. Al no identificar la señal que motiva este incidente y poder reponer todos los sistemas inmediatamente, vemos que este es un transitorio de duración muy corta.

3.2.2.4 Clasificación básica

La clasificación básica es: Debajo de la escala / Nivel 0 y corresponde a funcionamiento espurio seguido de una vuelta a una operación normal sin afectar a la seguridad de la instalación.

3.2.2.5. Factores adicionales

Sin motivos para aumentar el nivel de clasificación.

3.2.2.6 Clasificación final

Debajo de la escala / Nivel 0.

3.3 Incidente 4: (también se aplica al incidente 6) SCRAM por disparo de dos canales de marcha TM1Y4, TM2Y4.

3.3.1 Descripción de los incidentes 4 y 6

3.3.1.1 Descripción del incidente 4

Estando el reactor operando a una potencia de 200 vatios, realizando experiencias en la búsqueda de las posiciones de criticidad con las barras de control 1 y 2, se produce el SCRAM debido a una maniobra muy rápida del operador que hizo que las cadenas de marcha 1 y 2 coincidieran.

3.3.1.2 Descripción del incidente 6

El reactor RP-10 estaba en la etapa de marcha con incremento de potencia y se produce el SCRAM debido a una maniobra muy rápida del operador que hizo que las cadenas de marcha 2 y 3 coincidieran.

3.3.2 Clasificación (de ambos Incidentes)

3.2.2.1 Consecuencias reales

No hubo consecuencias reales significativas o importantes del incidente.

3.3.2.2 Frecuencia del iniciador

Se produjo un suceso o iniciador real. La frecuencia de este iniciador estaba prevista.

3.3.2.3 Operatividad de función de seguridad

La función de seguridad relativa al "control de reactividad" estaba completamente garantizada.

3.3.2.4 Clasificación básica

La clasificación básica es: Debajo de la escala / Nivel 0.

3.3.2.5 Factores adicionales

Sin motivos para aumentar la clasificación.

3.3.2.6 Clasificación final

Debajo de la escala / Nivel 0.

3.4 Incidente 5: SCRAM por falla de barra de control BC2, desprendimiento del mecanismo

3.4.1 Descripción del incidente

Estando el reactor en operación a 10 MW, la barra de control BC2, sin motivo aparente, se desprende del mecanismo y produce un SCRAM. La barra controlaba la potencia en piloto automático.

3.4.2 Clasificación

3.4.2.1 Consecuencias reales

No hubo consecuencias reales del incidente.

3.4.2.2 Frecuencia del iniciador

La caída accidental de las barras de seguridad y control no demanda la actuación de las funciones de seguridad, por tanto no es un suceso iniciador .El disparo del reactor es un iniciador de categoría de frecuencia prevista.

3.4.2.3 Operatividad de función de seguridad

La función de seguridad relativa al "control de reactividad" estaba garantizada.

3.4.2.4 Clasificación básica

Hubo un iniciador real. Según [12]- sección 5.1.3 (la celda A (1) del cuadro 9, incluido en el anexo 2) es adecuada y la clasificación básica que se otorga es Debajo de la escala / Nivel 0.

3.4.2.5 Factores adicionales

Sin motivos para aumentar la clasificación.

3.4.2.6 Clasificación final

Debajo de la escala / Nivel 0.

3.5 Incidente 10: SCRAM debido a un cortocircuito al chocar herramienta de manipulación de cajas porta-muestras con cables de mecanismos de barras.

3.5.1 Descripción del incidente

Estando el reactor en operación a 10 MW de potencia y habiéndose cumplido con el tiempo de irradiación, se procedió con el retiro de un portamuestras ubicado en el núcleo para dejarlo en el cementerio del tanque principal. Luego, el operador procedió a colocar otro portamuestras vacío para cubrir el espacio dejado por el anterior. Durante esta operación, la herramienta utilizada para manipular las cajas portamuestras chocó con los cables de los mecanismos de una barra produciéndose en ese instante SCRAM por cortocircuito. La herramienta hizo de enlace entre dos cables y uno de ellos fue a tierra.

3.5.2 Clasificación

3.5.2.1 Consecuencias reales

No hubo consecuencias reales del incidente.

3.5.2.2 Frecuencia del iniciador

No hubo iniciador real. Los sistemas de seguridad no fueron requeridos.

3.5.2.3 Operatividad de la función de seguridad

Las tres funciones de seguridad básica: (control de reactividad, refrigeración del combustible y confinamiento de material radiactivo) no fueron afectados.

3.5.2.4 Clasificación básica

No hubo iniciador real. Debajo de la escala / Nivel 0.

3.5.2.5 Factores adicionales

Sin motivos para aumentar la clasificación.

3.5.2.6 Clasificación final

Debajo de la escala / Nivel 0.

4. Resultados y discusión

En cada uno de los 10 casos analizados no hubo consecuencias reales que afecten a las personas, medioambiente o que hayan podido impactar en las barreras y los controles radiológicos. Se evaluaron las consecuencias

potenciales con los criterios de la defensa en profundidad. En los casos 1, 2, 7, 8 y 9 se dio el enfoque desde la perspectiva de una consecuencia máxima posible y el número de barreras de seguridad vulneradas; en el resto de los casos, el enfoque fue desde la perspectiva del suceso iniciador y la degradación de los elementos de seguridad, ambas válidas para nuestro caso por tener información aplicable.

Al margen de los resultados, este trabajo da continuidad a un sistema de información coherente con la práctica internacional y servirá como antecedente cuando se informe acerca de sucesos de mayor impacto o ser utilizado como guía para otras instalaciones que empleen esta escala.

5. Conclusiones

Los resultados de los 10 incidentes relacionados con la seguridad del reactor RP-10 son clasificados como de Nivel 0, lo que nos indica que están por "debajo de la escala" o que son de "poca importancia para la seguridad", debido a que en ningún caso se rebasaron los límites ni las condiciones operacionales debido al correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad o que fueron resueltos conforme a los procedimientos apropiados.

6. Agradecimientos

Al personal de operación del reactor RP-10.

7. Referencias

[1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Dirección de Producción. Departamento de Operación. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo I: Introducción y Descripción General. Lima Perú: IPEN; Agosto 1992. [Informe Interno].

[2] Organismo Internacional de Energía Atómica. Seguridad de las instalaciones nucleares. Colección de Normas de Seguridad No 110. Viena: OIEA; 1993.

[3] Instituto Peruano de Energía nuclear. Dirección de Producción. Departamento de Operación. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo V: El reactor. Lima, Perú: IPEN; Agosto 1992.

[4] Organismo Internacional de Energía Atómica. Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte. Colección de Normas de Seguridad del OIEA Nº GS-R-1. Viena: OIEA; 2004.

[5] International Atomic Energy Agency. Documentation for use in regulating nuclear facilities. Safety Standards Series Nº GS-G-1.4. Viena: AIEA; 2002.

[6] Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección de Seguridad Nº 115. Viena: OIEA; 1997.

[7]Instituto Peruano de Energía Nuclear. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. Nº 009-97-EM. Lima, Perú: OTAN; 20 mayo 1997.

[8] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Reglamento de protección física de instalaciones y materiales nucleares. D.S. Nº 014-2002-EM. Lima, Perú: OTAN; 22 abril 2002.

[9] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Reglamento de autorizaciones, fiscalización, control, infracciones y sanciones de la ley 28028. D.S. Nº 041-2003-EM. Lima, Perú: OTAN; 11 diciembre 2003.

[10] Organismo Internacional de Energía Atómica. Defensa en profundidad en seguridad nuclear. INSAG-10. Informe del Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear. Viena: OIEA; 1997.

[11] Organismo Internacional de Energía Atómica. La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES). Manual del usuario. Edición 2001. Viena: OIEA; 2001.

[12] Organismo Internacional de Energía Atómica. La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES). Manual del usuario. Edición 2008. Viena: OIEA; 2010.

[13] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Arrieta R. y Vela M. Incidentes Operacionales del reactor RP-10 durante el año 2011 y su caracterización de acuerdo con la escala INES. ICT 2012. Lima, Perú: IPEN; 2012.

[14] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Departamento de Operación. Cuaderno de incidentes operacionales del RP-10. Lima: IPEN; 2013

[15] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional.

Licencia de operación del reactor nuclear RP-10. Lima: IPEN; Abril 2014.
[16] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Dirección de Producción. Departamento de operación. Informe de Seguridad del RP-10. Capítulo VI: Sistema de refrigeración y sistemas conexos. Lima, Perú; Setiembre 2013.

8. Anexos

Cuadros utilizados de la referencia 12 para:

8.1 Clasificar sucesos mediante el enfoque de barreras de seguridad

CUADRO 11. CLASIFICACIÓN DE SUCESOS MEDIANTE EL ENFOQUE DE BARRERAS DE SEGURIDAD

Número de barreras de seguridad restantes		Consecuencias potenciales máximas*		
		(1) Niveles 5, 6, 7	(2) Niveles 3, 4	(3) Niveles 2 o 1
A	Más de 3	0	0	0
B	3	1	0	0
C	2	2	1	0
D	1 o 0	3	2	1

* Estas clasificaciones no pueden incrementarse debido a factores adicionales porque ya son el límite superior para la defensa en profundidad.

8.2 Evaluación de la clasificación básica en el caso de sucesos con iniciador real

CUADRO 9. SUCESOS CON UN INICIADOR REAL

Operabilidad de la función de seguridad		Frecuencia del iniciador		
		(1) Prevista	(2) Posible	(3) Improbable
A	Plena	0	1	2
B	Mínima requerida por los límites y condiciones operacionales	1 o 2	2 o 3	2 o 3
C	Adecuada	2 o 3	2 o 3	2 o 3
D	Inadecuada	3+	3+	3+